



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 02/2010

**AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS
ULTRASSÔNICOS**

por

Marco Aurélio Monteiro Dutra, Marcelo de Siqueira Queiroz Bittencourt

Janeiro / 2010

NOTA
ESTE RELATÓRIO É PARA USO EXCLUSIVO DO INSTITUTO DE
ENGENHARIA NUCLEAR

O direito a utilização de informações relacionadas ao trabalho de pesquisa realizado no IEN é limitado aos servidores da CNEN e pessoal de organizações associadas, nos limites dos termos contratuais que regem os respectivos convênios. O conteúdo dos relatórios não pode ser separado ou copiado sem autorização escrita do IEN.



Título: AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS ULTRASSÔNICOS				
Autor(es): Marco Aurélio Monteiro Dutra, Marcelo de Siqueira Queiroz Bittencourt			e-mail: dutra@ien.gov.br	
Identificação: RT-IEN- 02/2010	Nº de páginas:	Tipo de Divulgação: Irrestrita (x) Restrita ()	Divulgar para:	Localização:
Publicação externa associada (congresso/periódico):				
Palavras chave: Ensaio Não Destrutivos Ensaio de Ultrassom				
Resumo: Para definir a melhor metodologia e condições de trabalho na execução da pesquisa, verificou-se a influência de diferentes metodologias para medidas do tempo de percurso da onda ultrassônica em um ensaio de ultrassom, através da técnica de birrefringência acústica. Com a obtenção de dados novos e comparativos, definiu-se a melhor metodologia e condições de trabalho na aquisição dos sinais ultrassônicos, visando melhorar a confiabilidade desta técnica.				
Abstract:				
Emissão		Nome	Rubrica	Data
Data:	Elaboração:	Marco Aurélio Monteiro Dutra, Marcelo de Siqueira Queiroz Bittencourt		
Divisão:	Revisão:			
Serviço:	Aprovação:			
Instituto de Engenharia Nuclear: Via 5 s/n, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21945-970, CP 68.550, Rio de Janeiro – RJ - Brasil. Tel.: 00 55 21 2209-8080 Internet: www.ien.gov.br				

AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS ULTRASSÔNICOS

I - INTRODUÇÃO

Para definir a melhor metodologia e condições de trabalho na execução da pesquisa, verificou-se a influência de diferentes metodologias para medidas do tempo de percurso da onda ultrassônica em um ensaio de ultrassom, através da técnica de birrefringência acústica. Com a obtenção de dados novos e comparativos, definiu-se a melhor metodologia e condições de trabalho na aquisição dos sinais ultrassônicos, visando melhorar a confiabilidade desta técnica.

II - PROCEDIMENTOS

O corpo-de-prova (CP) é o CP3 - POSIÇÃO 6h, conforme indicado na figura 1, é uma tira removida de um tubo de aço API 5L X46 (duto 3 - com costura), utilizado no transporte de óleo e gás, já estudado anteriormente em trabalho deste laboratório realizado junto à Petrobrás. As especificações do duto são as seguintes:

- Identificação: GRB 12 C
- \varnothing externo = 12"
- Espessura da parede = 10 mm

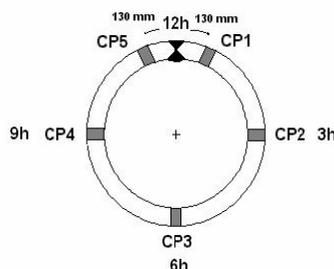


Figura 1 – Regiões marcadas na direção circunferencial do tubo.

As características do material do tubo são as seguintes:

- Limite de escoamento: 36,22 Kgf/mm²
- Limite de resistência: 45,82 Kgf/mm²
- Carga máxima para escoamento: 18.887,14 Kgf

- Dimensões da tira: 10,40 x 50,14 mm $S= 521,456 \text{ mm}^2$

ARRANJO EXPERIMENTAL

No desenvolvimento deste trabalho, foi montado um sistema de aquisição de dados, composto de:

- 01 transdutor cisalhante emissor/receptor, marca: Panametrics, modelo: V 155 - # 5 MHz e \varnothing 13 mm;
- 01 osciloscópio digital, marca: Tektronix, modelo: TDS 3032 B – (canal 1) com:
 - Escala do eixo vertical (voltagem): 100 mV
 - Escala do eixo horizontal (tempo): 1 μ s
- 01 aparelho digital de ultrassom que funciona como gerador de pulsos, marca: Panametrics – NDT, modelo: EPOCH 4 PLUS;
- 01 filtro de amplitude, com 2 (duas) saídas, sendo uma de alta tensão (para excitar o transdutor) - 250 a 300 V e a outra de baixa tensão (para o osciloscópio) - 8V;
- 01 tubo contendo o material acoplante: COUPLANT SWC, da Panametrics;
- 01 termômetro digital com termopar, marca: Testo, modelo:177-T3;
- 01 microcomputador contendo os programas “Wave Star” (para aquisição de dados) e “Chronos ou Atraso V9” (processador matemático);
- 01 microcomputador contendo o programa “Testo” (registro das temperaturas);
 - 01 corpo-de-prova.

Diagrama esquemático do sistema ultrassônico é apresentado na figura 2 e na figura 3 são apresentadas imagens do sistema.

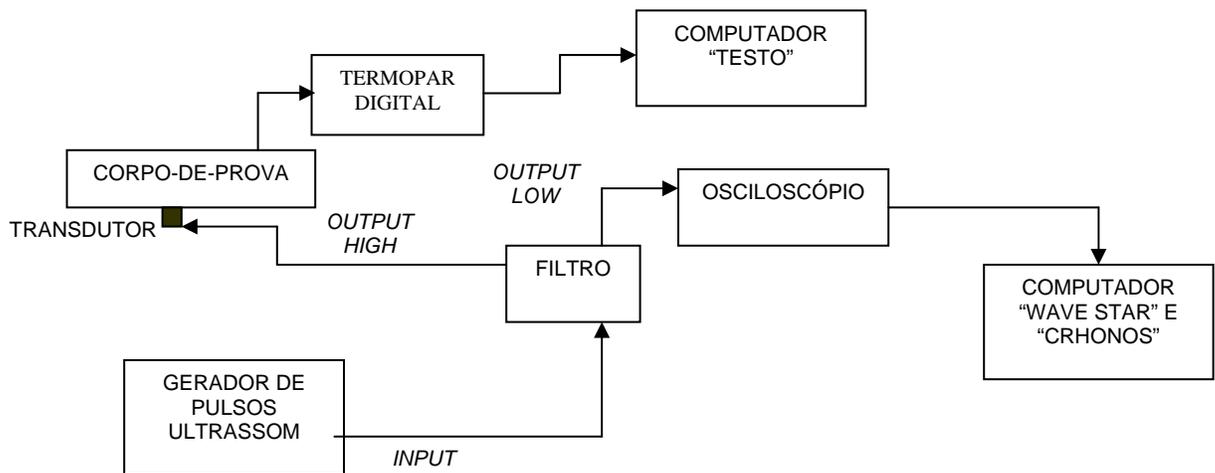


Figura 2 – Diagrama esquemático do sistema ultrassônico.

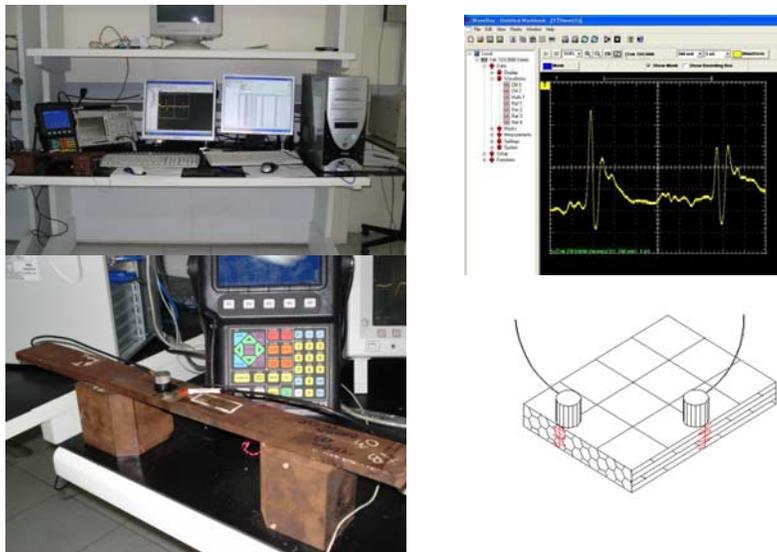


Figura 3 – Fotos do sistema ultrassônico montado para este trabalho, do programa "Wave Star", detalhe do corpo-de-prova em estudo com o transdutor acoplado e o termopar e o alinhamento do transdutor longitudinalmente e transversalmente a peça.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Antes de iniciar as medidas experimentais, foram adotados alguns procedimentos de modo a uniformizar as condições de trabalho, tanto da amostra, do ambiente e dos equipamentos utilizados, são eles:

- 1- Estabilização da temperatura (18°C) e umidade do laboratório;

- 2- Pré-aquecimento e estabilização dos equipamentos de medidas;
- 3- Remoção de impurezas na superfície do corpo-de-prova.

Com o sistema de aquisição de dados montado, os equipamentos (estabilizador, gerador de pulsos, osciloscópio, microcomputadores) e o aparelho de ar condicionado do laboratório deverão ser ligados, em torno de, 1 (uma) hora antes do início da sua utilização;

Verifica-se a posição do termopar digital no corpo de prova (CP), em estudo;
Limpa-se a superfície do corpo-de-prova na região indicada para medição, primeiramente, com papel toalha umedecido com água (para retirar algum resíduo de acoplante) e, em seguida, limpa-se com papel toalha umedecido com álcool;

A seguir, aplica-se o acoplante na região do material aonde vai se medir em quantidade adequada para se evitar o desperdício e a dificuldade no acoplamento do transdutor x superfície;

Em seguida, realizam-se as medidas, tendo os cuidados de aplicar o acoplante na região do corpo-de-prova onde se pretende medir. Já com o transdutor posicionado, faz-se os ajustes no osciloscópio, de modo a permitir a visualização dos sinais resultantes de maneira adequada. Nesta primeira etapa os sinais são gravados no próprio osciloscópio. Após a aquisição das medidas, os sinais são transferidos para um microcomputador, utilizando o programa “Wave Star”. Simultaneamente, são registradas as temperaturas do material, utilizando o programa “Testo”, num segundo microcomputador onde está conectado o cabo USB do termômetro digital.

No programa “Wave Star”, os nome destes arquivos com nome de extensão “.csv”, devem seguir uma seqüência de números, sendo ímpares (1.csv, 3.csv, 5.csv,...) para os sinais ultrassônicos com a direção da polarização da onda ultrassônica alinhada longitudinalmente ao corpo-de-prova. E pares (2.csv, 4.csv, 6.csv,...) para os sinais ultrassônicos com a direção da polarização da onda ultrassônica alinhada transversalmente ao corpo-de-prova;

O processamento matemático dos dados obtidos é feito no programa “Chronos”. Neste programa, seleciona-se o arquivo a ser processado (o primeiro, apenas), em seguida, formata-se o arquivo para o osciloscópio TDS 3032 B. Em “índices”, por exemplo, numa aquisição de 10 sinais ultrassônicos, o índice inicial é 1 e o índice final é 10. Em seguida, habilita-se a interpolação, com o fator de interpolação “4”, para L4. Ao findar o processamento, é gravado em .txt.

Com as medidas de tempo obtidas já processadas, inicia-se suas análises utilizando métodos estatísticos.

METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS ULTRASSÔNICOS

A metodologia deste trabalho, consiste em obter medidas de tempo de percurso da onda ultrassônica no ensaio de ultrassom num único ponto do corpo de prova, sendo que na primeira metodologia, chamada de “Contínua”, foram obtidos 50 sinais ultrassônicos contínuos e seqüenciais, isto é, sem girar o transdutor, com a direção da polarização da onda ultrassônica alinhada longitudinalmente ao corpo-de-prova (números ímpares). Em seguida, foram obtidos mais 50 sinais ultrassônicos, também contínuos e seqüenciais, agora, com a direção da polarização da onda ultrassônica alinhada transversalmente ao corpo-de-prova (números pares). Este procedimento foi realizado a cada dia durante cinco dias.

No sexto dia, as medidas de tempo da onda ultrassônica do ensaio foram obtidas de outra forma, pela metodologia chamada de “Par-a-par”, medidos os 100 sinais ultrassônicos par a par, formando 50 pares (sendo cada par, o conjunto de dois sinais com a polarização do transdutor alinhada e ortogonal à direção longitudinal ao corpo-de-prova), ou seja, com o transdutor posicionado na direção de polarização da onda ultrassônica longitudinalmente alinhada ao corpo-de-prova, faz-se a aquisição de um sinal (número ímpar), e, em seguida, gira-se em 90° o transdutor mantendo-o na mesma região indicada, fazendo-se, então, a aquisição de outro sinal (número par) com o transdutor posicionado na direção de polarização da onda ultrassônica transversalmente alinhada ao corpo-de-prova, e depois, retorna-se o transdutor para a posição anterior, repetindo todo este procedimento até que se atinja os cinqüenta conjuntos.

Durante a aquisição das medidas de tempo das ondas ultrassônicas, sempre verificou-se a visualização da amplitude e da base de tempo no osciloscópio, fazendo possíveis e necessários ajustes com as mãos na pressão de contato do transdutor com o corpo-de-prova. E, também, sempre foi registrada a variação da temperatura no programa “Testo”.

Com os dados obtidos e processados (tempos, birrefringências e temperaturas), posteriormente, foram realizadas comparações de procedimentos, variações de temperaturas, faixas de temperaturas, entre os cinco dias (metodologia “Contínua”), e também, comparações destes resultados com os resultados do sexto dia (metodologia “Par-a-par”), conforme a tabela 1.

AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE SINAIS ULTRASSÔNICOS

A seguir, na tabela 1, serão mostrados os dados obtidos nos 6 dias de ensaios da primeira etapa deste trabalho:

Tabela 1 – Dados obtidos nos 6 dias de ensaios da 1ª etapa.

METODOLOGIA	CONJUNTO DE DADOS DIA (DIREÇÃO)	% DADOS DISPERSOS	% DADOS VÁLIDOS	TEMPO MÉDIO (ns)	VARIACÃO DO TEMPO (ns)	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	VARIACÃO DA TEMPERATURA (°C)
"CONTÍNUA"	1º DIA (LONGITUDINAL)	28	72	5.826	1	25,41	1,1
"CONTÍNUA"	2º DIA (LONGITUDINAL)	36	64	5.826	1	24,35	0,6
"CONTÍNUA"	3º DIA (LONGITUDINAL)	16	84	5.825	6	23,87	0,1
"CONTÍNUA"	4º DIA (LONGITUDINAL)	34	66	5.826	1	25,39	0,3
"CONTÍNUA"	5º DIA (LONGITUDINAL)	18	82	5.826	1	24,88	0,2
"PAR-A-PAR"	6º DIA (LONGITUDINAL)	6	94	5.826	6	23,32	0,0
METODOLOGIA	CONJUNTO DE DADOS DIA (DIREÇÃO)	% DADOS DISPERSOS	% DADOS VÁLIDOS	TEMPO MÉDIO (ns)	VARIACÃO DO TEMPO (ns)	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	VARIACÃO DA TEMPERATURA (°C)
"CONTÍNUA"	1º DIA (TRANSVERSAL)	14	86	5.844	3	25,58	0,7
"CONTÍNUA"	2º DIA (TRANSVERSAL)	24	76	5.844	1	24,02	0,2
"CONTÍNUA"	3º DIA (TRANSVERSAL)	20	80	5.839	6	23,74	0,1
"CONTÍNUA"	4º DIA (TRANSVERSAL)	30	70	5.844	3	25,20	0,2
"CONTÍNUA"	5º DIA (TRANSVERSAL)	4	96	5.844	1	24,82	0,0
"PAR-A-PAR"	6º DIA (TRANSVERSAL)	12	88	5.838	6	23,23	0,2

A seguir, será mostrado no gráfico da figura 3, os valores das médias dos tempos de percursos das ondas ultrassônicas obtidos, em cada dia com a direção da polarização da onda ultrassônica alinhada longitudinalmente e transversalmente ao corpo-de-prova:

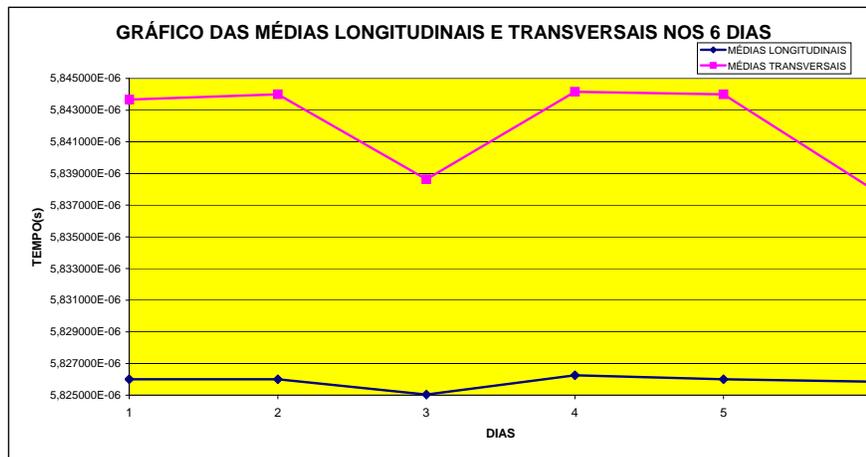


Figura 3 – Gráfico das médias longitudinais e transversais nos 6 dias.

Com a obtenção dos valores de todos os tempos de percurso dos sinais ultrassônicos com a direção da onda ultrassônica alinhada longitudinalmente e transversalmente ao corpo-de-prova, foram obtidas as birrefringências. E seus comportamentos serão mostrados no gráfico da figura 4 e suas médias diárias serão mostradas na tabela 2.

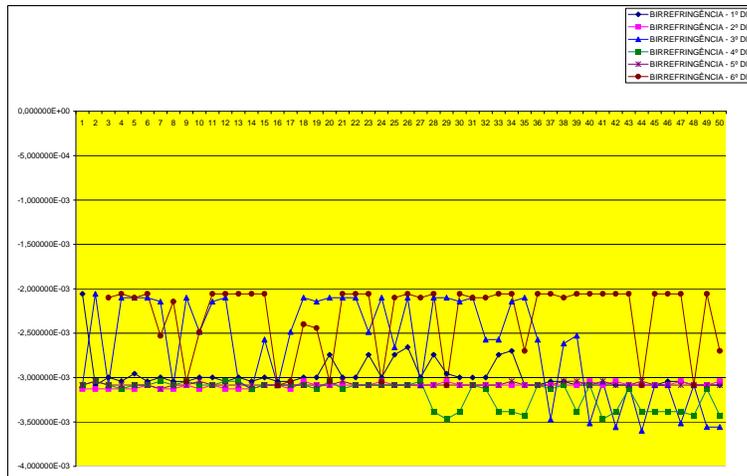


Figura 4 – Gráfico com o comportamento das birrefringências e suas médias diárias.

Tabela 2 -Valores das médias das birrefringências nos 6 dias.

	BIRREFRINGÊNCIA - 1º DIA	BIRREFRINGÊNCIA - 2º DIA	BIRREFRINGÊNCIA - 3º DIA	BIRREFRINGÊNCIA - 4º DIA	BIRREFRINGÊNCIA - 5º DIA	BIRREFRINGÊNCIA - 6º DIA
MÉDIAS	-2,972816E-03	-3,089156E-03	-2,632024E-03	-3,181407E-03	-3,078820E-03	-2,294371E-03

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada conjunto de dados mostrado na tabela 1 é formado pelo tempos dos 50 sinais ultrassônicos obtidos com a direção de polarização da onda ultrassônica do transdutor alinhada longitudinalmente ou transversalmente ao corpo-de-prova, nas duas metodologias (“Contínua” e “Par-a-par”) em todos os dias.

A análise dos conjuntos de dados obtidos na tabela 1 foi realizada através de um desvio padrão (que mede a dispersão dos valores individuais em relação à média de cada conjunto de dados, permitindo dizer se os valores estão mais próximos (válidos -dentro do desvio padrão) ou mais distantes (dispersos – fora do desvio padrão) para uma mesma média). Para determinar o tempo médio dos sinais ultrassônicos em cada conjunto de dados nas duas metodologias (“Contínua” e “Par-a-par”) em todos os dias nas duas direções de polarização, utilizou-se apenas os valores dos dados válidos. E entre estes dados válidos

registrou-se a variação entre o maior e o menor tempo obtidos em cada conjunto de dados.

Durante a aquisição dos sinais ultrassônicos para cada conjunto de dados registrou-se também a temperatura média e a variação entre a maior e a menor temperatura para cada conjunto de dados nas duas metodologias (“Contínua” e “Par-a-par”) em todos os dias nas duas direções de polarização.

Analisando as duas metodologias (“Contínua” e “Par-a-par”) em todos os dias nas duas direções de polarização, verificou-se que o menor percentual dos dados válidos foi de 64% do total e o maior percentual dos dados válidos foi de 96%;

Na análise dos tempos médios obtidos através dos dados válidos em cada conjunto de dados na metodologia “Contínua” nas duas direções de polarização, verificou-se no conjunto de dados obtidos no 3º dia de ensaio, os valores dos tempos médios são os mesmos. E que a variação entre o maior e o menor tempo obtidos em cada conjunto de dados neste 3º dia de ensaio foi a maior, 6 ns, em relação aos conjunto de dados obtidos nos outros dias. Pode-se descartar os resultados obtidos no 3º dia.

Ao analisar as temperaturas médias obtidas em cada conjunto de dados nas duas metodologias (“Contínua” e “Par-a-Par”) em todos os dias nas duas direções de polarização e comparando a maior e a menor temperatura média entre elas, verifica-se que esta diferença não ultrapassou 2,35 °C.

Na análise do tempo médio obtido através dos dados válidos no conjunto de dados na metodologia “Par-a-par” na direção de polarização longitudinal à peça, o valor encontrado foi igual ao valor encontrado através da metodologia “Contínua”. Já na direção de polarização transversal à peça o valor encontrado para o tempo médio foi 6ns menor comparando-se com o tempo médio obtido na metodologia “Contínua”. A variação entre o maior e o menor tempo obtidos em cada conjunto de dados nas duas direções de polarização foi de 6 ns.

Ao analisar a tabela 4.2, verifica-se que as birrefringências médias obtidas através de 50 birrefringências em cada conjunto de dados, quer dizer sem o uso do desvio padrão, pela metodologia “Contínua” em todos os dias possuem valores muito próximos, exceto a birrefringência obtida no 3º dia de ensaio, que já fora descartado para análise dos resultados. E quanto a birrefringência média obtida através da metodologia “Par-a-par”, verifica-se um valor mais distante em relação as birrefringências médias obtidas na metodologia “Contínua”.

Então, ao se comparar as duas metodologias para a aquisição dos sinais ultrassônicos, a “Contínua” (nos 5 primeiros dias) e a “Par-a-par” (no sexto dia), verifica-se que devido a maior facilidade operacional no manuseio do transdutor e rapidez durante a obtenção dos tempos ultrassônicos, e também, a uma menor dispersão dos resultados, conclui-se que a 1ª metodologia (“Contínua”) é melhor e mais indicada em relação à 2ª metodologia (“Par-a-par”) para este trabalho.